

論文内容の要旨 Abstract of Dissertation

氏名Name 古川 啓太

近年，地球温暖化防止の観点から，温室効果ガスの一種であるCO₂の排出削減が進められている。運輸部門では，走行時にCO₂を排出しない電気自動車や，排出量が少ないプラグインハイブリッド車の普及が進められている。作業者の負担低減や感電防止の観点から，電気接点なしで電気自動車やプラグインハイブリッド車へ充電するための技術として，ワイヤレス電力伝送（WPT）システムの適用が検討されている。WPTシステムでは，充電されたケーブルの代わりに，一対（充電器に接続した送電側コイルと車載の受電側コイル）のコイル（伝送コイル）を用いる。伝送コイルの磁気結合によって，空気を介して非接触での電力伝送が可能になる。現在，急速充電器の大容量化と更なる安全性の要求から，複数巻線をもつ伝送コイルを用いたWPTシステムの開発が進んでいる。しかし，WPTシステムの設計における自由度が増大することで，仕様を満足する伝送コイル形状の決定が難しくなる。その結果，設計期間の長期化や仕様の満足度が低いといった課題がある。

そこで本論文では，設計期間短縮と仕様の満足度向上の両立を目的に「インダクタンス行列次数低減法」を提案する。提案法では，複数巻線をもつ伝送コイルを，駆動方法や巻線の結線方法に着目して，等価的な2巻線の伝送コイルモデルに変換する。同時に，仕様から評価関数を定義し，各巻線の自己インダクタンスや結合係数に対する評価関数の変動特性を定式化する。その後，評価関数より，仕様を満足するための自己インダクタンスと結合係数の設計指針を明確化し，伝送コイル構造を決定する。また，等価的な2巻線の伝送コイルモデルを用いてWPTシステム全体を設計する。設計指針より，適切な伝送コイル構造を絞り込めるため，試行回数を低減できる。

第1章では，電気自動車とプラグインハイブリッド車への充電時における，安全性と利便性向上のために，WPTが必要であることを示す。加えて，大容量のWPTシステム普及における課題を列挙し，仕様の満足度向上のために複数巻線の伝送コイルを用いたWPTシステムが検討されていることを述べる。

第2章では，電磁誘導を用いたWPTシステムにおける電力伝送の原理について説明する。次に，従来の複数巻線を用いたWPTシステムについての調査をおこない，複数巻線を用いたシステム設計の先行事例より，短期間の設計と仕様の満足度にトレードオフの関係があることを説明する。そして，インダクタンス行列次数低減法について説明した後，先行事例に対する本研究の位置づけを示す。

第3章では，伝送コイル設計での解析時間の短縮化を目的に，伝送コイルをリラクタンスネットワーク解析法（RNA）でモデリングする方法を提案し，モデルの妥当性について評価する。はじめに，RNAのモデリング方法について説明した後，インダクタンス行列次数低減法によって，複数巻線をもつ伝送コイルや巻線領域の影響が無視できない場合でも，RNAでモデリング可能であることを述べる。次に，試作したサーキュラ形伝送コイルをRNAでモデリングする。その後，伝送コイル寸法変更時の自己インダクタンスと相互イン

ダクタンスについて、試作器の測定値とRNAモデルの計算値を比較し、提案法の妥当性を確認する。

第4章では、漏えい磁界低減を目的に追加巻線（キャンセルコイル）を付加した伝送コイルについて、インダクタンス行列次数低減法を用いた回路設計法を提案する。はじめに、アクティブシールドディングの概要と課題について述べ、導体遮蔽とResonant shieldingの性質を基にした提案法を述べる。次に、伝送コイルの等価的な自己インダクタンスと結合係数、評価関数として漏えい磁界強度と等価的なパラメータの変動率を定式化し、仕様を満足する伝送コイル構造を考察する。そして、伝送コイルを作成し、等価的な自己インダクタンスと結合係数の式の妥当性を確認後、WPTシステムを設計する。最後に、シミュレーションと実機試験を通して、アクティブシールドディング適用によって漏えい磁界が最大39%、提案法の有用性を示す。

第5章では、同相駆動する多入力多出力のWPTシステムについて、インダクタンス行列次数低減法を利用した、伝送コイルの等価的な結合係数改善法について述べる。はじめに、非共振型WPTシステムの電気的特性について述べ、結合係数の改善が無効電流低減に有用であることを示す。次に、送電側2巻線、受電側2巻線構成の4巻線伝送コイルにインダクタンス行列次数低減法を適用し、等価的な自己インダクタンスと結合係数を定式化する。また、2巻線間の結合係数と等価的な結合係数の係数比較より、等価的な結合係数を改善可能な伝送コイル構造について考察する。そして、一般的なコイル構造に対して、等価的な結合係数が改善することを、試作コイルの測定を通して確認する。最後に、非共振型WPTシステムを用いて比較試験を実施し、提案法の伝送コイルの有用性を示す。

第6章では、第1章から第5章の内容をまとめ、本論文の統括とする。また、今後の課題についてまとめる。